

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)



REÇU 27 JUIN 2003

OMPI PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 21 310.0

**Anmeldetag:** 14. Mai 2002

**Anmelder/Inhaber:** Tresaphan GmbH,  
Neunkirchen, Saar/DE

**Bezeichnung:** Hochaktives  $\beta$ -Nukleierungsadditiv für  
Polypropylen

**IPC:** C 08 L, C 08 J, C 08 K

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 08. Mai 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Dzierzon

**Hochaktives  $\beta$ -Nukleierungsadditiv für Polypropylen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung des Anteils der  $\beta$ -Kristallmodifikation in Polypropylen.

5

Von Polypropylen sind neben der amorphen Phase drei verschiedene kristalline, die  $\alpha$ -,  $\beta$ -, und  $\gamma$ -Phasen bekannt. Beim Abkühlen von Polypropylenschmelzen bildet sich üblicherweise überwiegend das  $\alpha$ -kristalline PP. Durch eine bestimmte Temperaturführung beim Abkühlen einer Polypropylenschmelze kann ein erhöhter Anteil an  $\beta$ -kristalliner Phase, erzeugt werden. Der auf diese Weise erzeugte Anteil an  $\beta$ -kristallinem PP beträgt weniger als 10 %. Die hexagonale  $\beta$ -Modifikation des PP's zeichnet sich gegenüber der monoklinen  $\alpha$ -Modifikation durch bessere mechanische Eigenschaften, insbesondere erhöhter Schlagzähigkeit und Spannungsriß-beständigkeit aus. Daneben weist die  $\beta$ -Modifikation des Polypropylens mit 148-150°C einen deutlich niedrigeren Schmelzpunkt gegenüber der  $\alpha$ -Modifikation mit einem Schmelzpunkt von 160°C auf. Ein erhöhter Anteil an  $\beta$ -kristallinem PP wirkt sich daher in einigen Anwendungen günstig auf bestimmte Gebrauchseigenschaften des Polypropylens aus. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit einige Additive entwickelt, die zu noch höheren Anteilen an Polypropylen in der  $\beta$ -Modifikation führen und daher im allgemeinen als  $\beta$ -Nukleatoren oder  $\beta$ -Nukleierungsmittel bezeichnet werden.

20

25

Als  $\beta$ -Nukleator mit hoher Aktivität ist der Farbstoff  $\gamma$ -Quinacridone in dem Deutschen Patent 1188278 beschrieben. Der Farbstoff Dihydroquinacridine ist auf Grund seiner  $\beta$ -nukleierenden Wirkung im Deutschen Patent 344359 patentiert. Der Nachteil dieses Nukleierungsmittel ist jedoch die intensive Rotfärbung und die mangelnde thermische Stabilität, die oftmals beim Compoundieren zur Zersetzung des Nukleierungsmittels und damit zum Verlust seiner Aktivität führt. Im US-Patent 3540979 ist das Calciumsalz der Phtalsäure als thermisch stabiles

Nukleierungsmittel beschrieben. Der Nachteil dieses Nukleierungsmittel ist die geringe Aktivität. Der damit erzielte Anteil an  $\beta$ -kristallinen PP beträgt höchstens 70% ( $K \sim 0,5-0,7$ ).

- 5 Ein zweikomponenten Nukleierungssystem aus Calciumcarbonat und organischen Dicarbonsäuren beschreibt DE 3610644. Dieses Nukleierungssystem zeigt in der Praxis jedoch eine schwankende Aktivität. Daher mangelt es an Reproduzierbarkeit. Den direkten Einsatz der Calciumsalze der in DE 3610644 beschriebenen Dicarbonsäuren ist im Patent DE 4420989 beschrieben. Die  $\beta$ -nukleierende
- 10 Wirkung verschiedener Dicarboxamide insbesondere N,N-Dicyclohexyl-2,6-Naphtalen dicarboxamide beschreibt EP-0557721. Nachteil dieses Nukleators sind, die hohen Eduktkosten, sowie komplizierte Syntheseschritte bei der Herstellung.

- 15 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand darin, ein Verfahren zur Erzeugung von  $\beta$ -kristallinem Polypropylen zur Verfügung zu stellen. Mittels dieses Verfahrens sollen hohe  $\beta$ -Anteile reproduzierbar und zuverlässig erreicht werden können. Das Verfahren soll einfach und effizient durchführbar sein. Die Modifizierung mit einem  $\beta$ -Nukleierungsmittel darf die üblichen wichtigen Gebrauchseigenschaften des Polypropylen nicht beeinträchtigen.

- 20 Diese Aufgabe wird gelöst durch Verfahren zur Herstellung einer Polypropylenmischung mit erhöhtem Anteil an  $\beta$ -kristallinen Polypropylen, bei welchem man eine Polypropylenmischung aus nanoskaligem Eisenoxid und Polypropylen bei einer Temperatur von mindestens 150°C aufschmilzt und
- 25 anschließend derart abkühlt, daß die abgekühlte Polypropylenschmelze einen erhöhten Anteil von  $\beta$ -kristallinem Polypropylen aufweist.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der Entdeckung, das nanoskalige Eisenoxide beim Abkühlen einer PP-Schmelze, die diese Eisenoxide enthält, zur Bildung eines

hohen Anteils von  $\beta$ -kristallinem Polypropylen führen. Die abgekühlte Schmelze mit einem hohen  $\beta$ -Anteil bildet eine transparente PP-Matrix, da die Partikelgröße der nanoskaligen Eisenoxide deutlich kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist. Nanoskalige Eisenoxide haben im allgemeinen eine mittlere  
5 Teilchengröße von 1 bis 50nm.

Es wurde gefunden, daß als  $\beta$ -nukleierende Eisenoxide Eisen (II) und Eisen (III) Oxide, sowie gemischte Eisen (II) und (III) Oxide besonders geeignet sind, beispielsweise  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oder  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Hierunter sind diejenigen Eisenoxide mit einer  
10 kubisch dichtesten Kugelpackung besonders geeignet, bei welchen die  $\text{O}^{2-}$  - Ionen ein kubisches Gitter bilden in dem die  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen willkürlich auf die oktaedrischen und tetraedrischen Lücken verteilt sind ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) oder im Falle von Mischoxiden ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) die  $\text{Fe}^{2+}$  die oktaedrischen Lücken und  $\text{Fe}^{3+}$  die tetraedrischen Lücken besetzen. Insbesondere haben sich nanoskaliger Magnetit und nanoskaliger  
15 Maghemit als besonders wirksame  $\beta$ -Nukleierungsmittel in Polypropylen erwiesen.

Zur besseren Dispergierbarkeit der nanoskaligen Eisenoxide in der PP-Matrix können die Eisenoxid-Pulver durch den Zusatz oberflächenaktiver Substanzen, wie z.B. mit höherwertigen Carbonsäuren, Silanen, Aminen oder Sulfonaten  
20 hydrophobisiert werden. Derartige Verfahren sind an sich im Stand der Technik bekannt, beispielsweise in Macromol. Mater. Eng. 275, 8-17 (2000) sowie in GAK 5/1988 Jahrgang 41, Seite 211 ff oder Macromol. Rapid Commun, 2001, 22, 176-180 beschrieben. Besonders bevorzugte Beschichtungen der nanoskaligen Eisenoxide bestehen aus langkettigen Fettsäuren, wie Ölsäure oder Stearinsäure.

25

Die Synthese der nanokristallinen Eisenoxide kann über an sich bekannte herkömmliche Verfahren wie z.B., Sol-Gel-Prozess, Flammpyrolyse, EDOC oder Fällungsreaktionen erfolgen. Nach diesen Verfahren können nanoskalige Eisenoxide mit einer Partikelgröße im Bereich von 1 bis 50 nm, vorzugsweise 5 bis

30nm, insbesondere 10 bis 20nm hergestellt werden. Besonders geeignet ist die Fällung aus  $\text{Fe}^{2+}$  und/oder  $\text{Fe}^{3+}$ -ionenhaltigen Solen durch Laugenzugabe (Nouveau Journal De Chimie, Vol. 7, N° 5-1983, p. 325). Die nanokristallinen Eisenoxide können gegebenenfalls einem hydrothermalen Nachbehandlungsschritt zur

5 Erhöhung der Kristallinität unterzogen werden, indem die frisch gefällten nanoskaligen Eisenoxide für eine gewisse Zeit bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur gehalten werden.

Die vorstehend beschriebenen nanoskaligen Eisenoxide werden mit üblichen

10 Verfahren in die Polypropylenmatrix eingearbeitet. Hierzu werden beispielsweise mechanische Vormischungen aus Propylengranulat und dem nanoskaligen Eisenpulver hergestellt und anschließend in einem Zweischneckenextruder compoundiert. Zur Vermeidung von Agglomeration der nanoskaligen Teilchen ist es vorteilhaft eine der vorstehend beschriebenen Beschichtungen zur

15 Hydrophobisierung der Eisenoxide vor dem eincompoundieren aufzubringen. Derartige Verfahren zum compoundieren von nanoskaligen Zusatzstoffen sind beispielsweise in Macromol. Rapid Commun, 2001, 22, 176-180 beschrieben. Diese Verfahren sind auch zur Herstellung von Compounds für die vorliegende Erfindung geeignet.

Die Mischung aus Polypropylen und nanoskaligem Eisenoxid enthält im allgemeinen mindestens 85 Gew.-%, vorzugsweise 90 bis <100 Gew.-%, insbesondere 98 bis <100 Gew.-%, eines Polypropylens. Im allgemeinen enthält das Propylenpolymer mindestens 90 Gew.-%, vorzugsweise 94 bis 100 Gew.-%, insbesondere 98 bis 100 Gew.-%, Propylen. Der entsprechende Comonomergehalt von höchstens 10 Gew.-% bzw. 0 bis 6 Gew.-% bzw. 0 bis 2 Gew.-% besteht, wenn vorhanden, im allgemeinen aus Ethylen und/oder Butylen. Die Angaben in Gew.-% beziehen sich jeweils auf das Propylenpolymere. Geeignete Mischpolymerisate, welche Ethylen und/oder Butylen als Comonomer enthalten sind statistische Mischpolymerisate oder Blockcopolymere.

25

Bevorzugt sind isotaktische Propylenhomopolymere mit einem Schmelzpunkt von 140 bis 170°C, vorzugsweise von 155 bis 165°C, und einen Schmelzflußindex (Messung  
5 DIN 53 735 bei 21,6 N Belastung und 230°C) von 1,0 bis 50 g/10 min, vorzugsweise von 1,5 bis 20 g/10 min. Der n-heptanlösliche Anteil des Polymeren beträgt im allgemeinen 1 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise 2-5 Gew.-% bezogen auf das Ausgangspolymere. Die Molekulargewichtsverteilung des Propylenpolymeren kann variieren.

10 Das Verhältnis des Gewichtsmittels  $M_w$  zum Zahlenmittel  $M_n$  liegt im allgemeinen zwischen 1 und 15, vorzugsweise bei 2 bis 10, ganz besonders bevorzugt bei 2 bis 6. Eine derartig enge Molekulargewichtsverteilung des Propylenhomopolymeren erreicht man beispielsweise durch dessen peroxidischen Abbau oder durch Herstellung des Polypropylen mittels geeigneter Metallocenkatalysatoren.

15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das eingesetzte Polypropylen der Basisschicht hochisotaktisch. Für derartige hochisotaktische Polypropylene beträgt der mittels  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektroskopie bestimmte Kettenisotaxie-Index des n-heptanunlöslichen Anteils des Polypropylen mindestens 95 %, vorzugsweise 96 bis 99 %.

20 Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung von Polypropylen mit einem erhöhten Anteil an  $\beta$ -kristallinem Polypropylen wird zunächst eine Mischung aus Polypropylen und nanoskaligem Eisenoxid bei geeigneten Temperaturen aufgeschmolzen. Diese Temperatur liegt im allgemeinen in einem Bereich von 150  
25 bis 165°C. Das Aufschmelzen erfolgt vorzugsweise in einem geeigneten Extruder, beispielsweise in einem Zweischnckenextruder, welcher gleichzeitig eine gute Mischung des nanoskaligen Eisenoxids im Polypropylen gewährleistet. Die aufgeschmolzene Mischung wird extrudiert und bei geeigneten Temperaturen abgekühlt. In anderen Verfahrensvarianten erfolgt die Herstellung der Mischung

bzw. des Compounds wie vorstehend beschrieben in einem vorgelagerten Arbeitsschritt. Diese Compounds werden anschließend in dem erfindungsgemäßen Verfahren zusammen mit reinem Polypropylen eingesetzt. Die Compounds können in einem beliebigen Extrusionswerkzeug oder in einem Knetter aufgeschmolzen und mit Polypropylen gemischt werden. Es ist erfindungswesentlich, daß nach der Extrusion die Abkühlung der eisenoxidhaltigen Schmelze derart erfolgt, daß die  $\beta$ -nukleierende Wirkung der nanoskaligen Eisenoxide zum Tragen kommt. Hierfür ist es bevorzugt die Schmelze langsam bei einer Temperatur in einem Bereich von 60 bis 130 °C, vorzugsweise bei 80 bis 125°C abzukühlen. Je näher diese Temperatur in der Nähe der Kristallisationstemperatur des  $\beta$ -kristallinen Polypropylens (ca. 139°C) liegt, umso günstiger sind die Bedingungen für die Ausbildung der  $\beta$ -kristallinen Modifikation. Auf diese Weise kann über die Auswahl der Temperatur beim Abkühlen ein mehr oder weniger hoher Anteil an  $\beta$ -Polypropylen erzeugt werden. Zusätzlich hat die Verweildauer der abkühlenden Schmelze bei der jeweiligen Temperatur einen Einfluß auf den erzielten  $\beta$ -Anteil. Zur Erzielung eines größtmöglichen  $\beta$ -Anteils sollte die Schmelze langsam bei höheren Temperaturen (120-130°C) abgekühlt werden, wobei die notwendige Verweildauer bei der gegebenen Temperatur im Einzelfall von der Formgebung bei der Extrusion abhängt.

Je nach Anwendungsfall können auch niedrigere  $\beta$ -Anteile im Polypropylen ausreichend sein. Die  $\beta$ -nukleierenden Eisenoxide wirken sich in diesen Fällen positiv aus, da die Abkühlrate erhöht werden kann, d.h. schneller Abzugsgewindigkeiten eingesetzt werden können.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich bei entsprechenden Abkühlbedingungen einen Gehalt an  $\beta$ -PP von >90% (DSC-Methode) zu erzielen. Beispielsweise wurden über DSC Messungen (Methode nachstehend beschrieben) an isotaktischem Polypropylen mit 1 Gew.-% nanoskaligem Eisenoxid ein Anteil von

$\beta$ -kristallinem Polypropylen von 92 % bestimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft bei der Herstellung von Folien, Formkörpern, insbesondere Rohren und Schläuchen, Fasern und anderen Extrusionen angewendet werden. Der erhöhte  $\beta$ -Anteil im Polypropylen wirkt sich bei den verschiedensten Extrusionsanwendungen günstig aus, beispielsweise da die Extrusionstemperaturen reduziert werden können. Für einige Anwendungen ist ein erhöhter Anteil an  $\beta$ -kristallinem Polypropylen vorteilhaft, da hierdurch Gebrauchseigenschaften des Polypropylens verbessert werden, z.B. erreicht man eine höhere Kerbschlagzähigkeit und Spannungsrißbeständigkeit des Polypropylens. In einer weiteren Anwendung nutzt man den hohen  $\beta$ -Anteil im Polypropylen zur Herstellung von porösen Folien durch Umwandlung der  $\beta$ -Modifikation in die  $\alpha$ -Modifikation bei der Verstreckung von Folien oder zur Erzeugung von rauen Oberflächen einer verstreckten Folie aus.

Bei einem derartigen Verfahren zur Herstellung einer Folie wird nanoskaliges Eisenoxid und Polypropylen gemischt und in einem Extruder bei einer Temperatur von mindestens 150°C aufgeschmolzen. Die Schmelze wird durch eine Flachdüse extrudiert und derart zu einer Vorfolie abkühlt und verfestigt, daß in der Vorfolie der gewünschte Anteil an  $\beta$ -kristallinem Polypropylen entsteht. Für die Herstellung einer mikroporösen Folien wird im allgemeinen ein Anteil von mindestens 40%, vorzugsweise 60 bis 80%, an  $\beta$ -Polypropylen (gemessen nach DSC) in der Vorfolie angestrebt, wohingegen zur Erzeugung von Oberflächenrauigkeiten geringere Anteile von beispielsweise 10 bis 40% ausreichend sein können. Anschließend wird die Vorfolie in an sich bekannter Weise erwärmt und in Längsrichtung verstreckt, vorzugsweise bei einer Temperatur weniger als 140°C, vorzugsweise 90 bis 125°C und mit einem Streckfaktor von 3:1 bis 5:1. Nach der Längsstreckung wird die längsgestreckte Folie erneut erwärmt und in Querrichtung verstreckt, vorzugsweise bei einer Temperatur größer 140°C von 145 bis 160°C und mit einem



Streckverhältnis von 3:1 bis 6:1. Durch die gewählten Temperatur bei der Verstreckung wandelt sich das  $\beta$ -kristalline Polypropylen der Vorfolie in die  $\alpha$  Modifikation des Polypropylens um und erzeugt je nach Verfahrensbedingungen eine durchgehende poröse Netzstruktur in der Folie oder zumindest eine  
5 Oberflächenrauigkeit durch kraterartige Vertiefungen, die bei den Umwandlungsprozessen entstehen.

10 Zur Bestimmung des  $\beta$ -kristallinen Anteils in Polypropylen der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erzielt werden kann, können zwei Methoden eingesetzt. Zum einen kann der  $\beta$ -Anteil mittels DSC bestimmt werden und zum anderen über Röntgenweitwinkelstreuung.

15 Die Charakterisierung mittels DSC wird in J. o. Appl. Polymer Science, Vol. 74, p.: 2357-2368, 1999 von Varga beschrieben und folgendermaßen durchgeführt: Die mit dem  $\beta$ -Nukleator additivierte Probe wird in der DSC zunächst mit einer Aufheizrate von 20°C/min auf 220°C erhitzt und aufgeschmolzen (1. Aufheizen).  
20 Danach wird sie mit einer Kühlrate von 10°C/min auf 100°C abgekühlt, bevor sie mit einer Heizrate von 10°C/min (2. Aufheizen) wieder aufgeschmolzen wird. Beim 2. Aufheizen wird aus dem Verhältnis der Schmelzenthalpien der  $\beta$ -kristallinen Phase ( $H_\beta$ ) zu der Summe der Schmelzenthalpien von  $\beta$ - und  $\alpha$ -kristalliner Phase ( $H_\beta + H_\alpha$ ) der Kristallinitätsgrad  $K_{\beta,DSC}$  bestimmt.

$$K_{\beta,DSC} = (H_\beta) / (H_\beta + H_\alpha)$$

25 Bei der zweiten Methode wird der Kristallinitätsgrad aus dem Röntgenweitwinkeldiagramm durch die Turner-Jones-Gleichung (Makromolekulare Chem. 75 (1964) 134) beschrieben:

$$K_{\beta,X-Ray} = [K_{\beta 1}] / [K_{\beta 1} + (K_{\alpha 1} + K_{\alpha 2} + K_{\alpha 3})]$$

Dabei ist  $K_{\beta, X\text{-Ray}}$  der  $\beta$ -Anteil,  $k_{\beta 1}$  die Höhe des Peaks der  $\beta$ -Phase und  $k_{\alpha 1}$ ,  $k_{\alpha 2}$ ,  $k_{\alpha 3}$  die Höhe der drei Peaks der  $\alpha$ -Phase.

5 Da  $\beta$ -Kristallines PP thermodynamisch metastabil ist und sich bei höheren Temperaturen in die thermodynamisch stabile  $\alpha$ -Phase umwandelt wird über die Röntgenweitwinkelstreuung immer ein höherer  $\beta$ -Anteil als mittels der DSC-Methode gefunden.

#### Beispiel 1:

10

Ein nanokristallines Eisenoxid ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) wurde in einem Zweisechneckenextruder ZSK 30 bei einer Temperatur von  $200^\circ\text{C}$  in ein isotaktisches Polypropylen eincompoundiert. Das Polypropylen war ein isotaktisches Homopolymer mit einem Schmelzpunkt von  $162^\circ\text{C}$  und einem MFI von.... (Exxon Escorene PP 4352 F1). Das  
15 nanokristalline Eisenoxid hatte eine mittlere Teilchengröße von 13 nm. Es handelte sich dabei um Magnetit, der eine charakteristische schwarze Farbe aufwies. Es wurde eine Menge von 3 Gew.-% des Eisenoxids in das Polypropylen eingearbeitet.

#### Beispiel 2

20 Es wurde ein Nanokomposite wie in Beispiel 1 beschrieben hergestellt. Im Unterschied zu Beispiel 1 wurde das nanoskalige Eisenoxid vor der Compoundierung mit Stearinsäure oberflächenmodifiziert und die Konzentration an Magnetit wurde von 3 auf 1 Gew.-% erniedrigt.

#### Beispiel 3

25 Es wurde ein Nanokomposite wie in Beispiel 2 beschrieben hergestellt. Im Unterschied zu Beispiel 2 wurde das nanoskalige Eisenoxid vor der Oberflächenmodifizierung mit Stearinsäure einer hydrothermalen Nachbehandlung unterworfen und die Konzentration wurde von 1 auf 2 Gew.-% erhöht.

Der jeweilige  $\beta$ -Anteil der Nanokomposite nach den Beispielen 1 bis 3 wurde wie beschrieben über DSC aus der 2. Aufheizkurve bestimmt.

Beispiel Nr.	n-Partikel	Konz. [Gew.: %]	$\beta$ -Anteil [%]
1	n-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	3	~70
2	n-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Oberflächenmodifikator Stearinsäure	1	~90
3	n-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Hydrothermal nachbe- handelt, Oberflächenmodifikator Stearinsäure	2	~70

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung von Polypropylen mit einem erhöhten Anteil an  $\beta$ -kristallinen Polypropylen, dadurch gekennzeichnet, daß man nanoskaliges Eisenoxid und Polypropylen mischt und bei einer Temperatur von mindestens 150°C aufschmilzt und anschließend derart abkühlt, daß die abgekühlte Polypropylenschmelze einen erhöhten Anteil von  $\beta$ -kristallinem Polypropylen aufweist.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet daß beim Abkühlen der Polypropylenschmelze ein Anteil von  $\beta$ -kristallinem Polypropylen von mehr als 50 %, vorzugsweise 70 bis < 100 % erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung der Polypropylenschmelze in einem Temperaturbereich von 100 – 140°C erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man die Mischung aus Polypropylen und Eisenoxid in einem Extruder, vorzugsweise in einem Zweischnellenextruder bei einer Temperatur von 150 bis 170°C aufschmilzt.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Polypropylen der Mischung ein isotaktisches Polypropylen mit einem Schmelzpunkt im Bereich von 140 bis 170°C ist.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Polypropylen ein Mischpolymerisat ist mit einem Comonomeranteil an Ethylen und/oder Butylen von bis zu 10 Gew.-%.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, daß das Polypropylen eine Mischung aus Propylenhomopolymer und Propylencopolymer ist.

5

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das nanoskalige Eisenoxid eine mittlere Teilchengröße von weniger als 50 nm, vorzugsweise 1 bis 30 nm aufweist.

10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Eisenoxid Fe(II)- oder Fe(III)-Oxid umfaßt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Eisenoxid eine kubisch dichteste Kugelpackung der  $O^{2-}$ -Ionen aufweist.

15

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Eisenoxid  $Fe_3O_4$  oder  $Fe_2O_3$  ist.

20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Eisenoxid Magnetit oder Maghemit ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Eisenoxid mit einer Oberflächenbeschichtung versehen ist.

25 14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenbeschichtung aus langkettigen Fettsäuren, vorzugsweise Ölsäure oder Stearinsäure, Silanen, Aminen oder Sulfonaten besteht.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Mischung

aus Polypropylen und nanoskaligen Eisenoxid herstellt und diese Mischung aufschmilzt und abkühlt.

5 16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß man ein Compound aus Polypropylen und nanoskaligem Eisenoxid herstellt und dieses Compound mit Polypropylen mischt, aufschmilzt und abkühlt.

10 17. Verfahren zur Herstellung einer biaxial verstreckten Flachfolie, dadurch gekennzeichnet, daß man nanoskaliges Eisenoxid und Polypropylen mischt und in einem Extruder bei einer Temperatur von mindestens 150°C aufschmilzt und die Schmelze durch eine Flachdüse extrudiert und die Schmelze derart zu einer Vorfolie abkühlt, daß ein Anteil von mindestens 50% (gemessen nach DSC)  $\beta$ -kristallines Polypropylen entsteht, und danach die Vorfolie erwärmt und in Längsrichtung verstreckt und abkühlt, anschließend erneut erwärmt und in 15 Querrichtung verstreckt, und wobei die Temperatur bei der Längsstreckung so gewählt wird, daß sich das  $\beta$ -kristalline Polypropylen der Vorfolie in die alpha Modifikation des Polypropylens umwandelt.

20 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die biaxial orientierte Folie opak und porös ist.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung des Anteils der  $\beta$ -Kristallmodifikation in Polypropylen durch Einkompoundieren nanokristalliner Substanzen. Mit diesem Verfahren wird ein  $\beta$ -Anteil von 50-100 % erzielt. Die 5 Compounds zeichnen sich durch verbesserte mechanische Eigenschaften. Die Nanokristallinen Pulver können sowohl direkt einkompoundiert, als auch zur besseren Dispergierung in der PP-Matrix mit oberflächenaktiven Substanzen kompatibelisiert werden.